

Le calcul des Degrés jours unifiés (DJU)

Contexte

Avec les besoins de chauffage et de climatisation, une partie des consommations d'énergie est liée aux variations de températures. Il s'agit essentiellement des consommations du secteur résidentiel et du secteur tertiaire. Cette sensibilité aux températures complique l'interprétation des évolutions de consommation car il n'est pas évident de faire la part entre celles dues aux variations de températures de celles dues à d'autres facteurs conjoncturels ou structurels comme des changements d'habitudes de consommation, le remplacement d'équipements énergivores, la conversion vers d'autres énergies ...

Le degré jour unifié ou DJU est l'outil de référence permettant d'avoir un estimateur de la rigueur du climat et de calculer des consommations corrigées des variations climatiques (CVC). Les consommations CVC ont pour but de gommer les variations de consommation dues aux variations climatiques et de n'observer que les variations dues aux autres facteurs.

Présentation des DJU

La définition du DJU repose sur un constat empirique simple. Il existe un seuil de température au-dessus duquel la consommation de chauffage est nulle et en dessous duquel la consommation croît proportionnellement à la baisse des températures. Un phénomène analogue mais opposé est observé pour les consommations de climatisation.

Le calcul des DJU commence donc par le choix d'un seuil de chauffage et/ou d'un seuil de climatisation. Pour le chauffage, beaucoup de seuils allant de 15°C à 18°C sont présents dans la littérature scientifique. Par exemple le service statistique du Ministère de la transition écologique, le Sdes utilise depuis 2023 un seuil de chauffage de 15°C, il était de 17°C auparavant.

Les DJU unitaires

Pour obtenir le nombre de DJU de chauffage pour une journée en un lieu donné, on considère la température moyenne de cette journée et on la compare au seuil choisi :

- si la température moyenne est supérieure au seuil, on a 0 DJU pour cette journée,
- si elle est inférieure, le nombre de DJU est la différence entre la température moyenne et le seuil de telle sorte que le DJU soit toujours positif.

Le principe est inversé pour les DJU de climatisation. Il y a 0 DJU si la température moyenne est inférieure au seuil. Le nombre de DJU est égal à la différence entre la température moyenne et le seuil si la température est supérieure au seuil. Là encore le DJU est toujours positif.

C'est ce nombre de DJU pour une journée en un lieu donné que nous désignons comme DJU unitaire.

Historiquement, la température moyenne est obtenue par la moyenne de la température maximale et de la température minimale de la journée. Ce mode de calcul est issu des premières stations météo qui ne relevaient que ces deux mesures. Les équipements permettent maintenant d'effectuer plus de mesures journalières et donc d'avoir des températures moyennes plus riches. Cependant par souci de cohérences des mesures sur de longues périodes, la moyenne des températures minimales et maximales a été conservée.

L'agrégation des DJU unitaires

Agrégation temporelle

Pour obtenir le nombre de DJU en un lieu pour une période donnée, on somme les DJU journaliers sur la période.

Agrégation spatiale

Pour obtenir les DJU d'une zone géographique qui comporte plusieurs DJU unitaires on calcule la moyenne de ces DJU. Cette moyenne peut être pondérée. Par exemple, pour calculer les DJU départementaux, le Sdes fait la moyenne des DJU des communes de chaque département pondérée par la population des communes.

Le calcul des DJU

Les relevés de températures

Les relevés des stations de Météo France sont disponibles sur le site data.gouv à l'adresse suivante :

<https://www.data.gouv.fr/datasets/donnees-climatologiques-de-base-quotidiennes>

Les relevés quotidiens sont disponibles dans des fichiers départementaux. En plus des températures ces fichiers contiennent les coordonnées géographiques (latitude, longitude), l'altitude, la date, des données pluviométriques et éoliennes. Pour chaque département, trois fichiers sont disponibles.

- Un fichier mis à jour quotidiennement contient les données de l'année en cours et de l'année précédente
- Un fichier historique contenant les relevés de 1950 à l'année N-2
- Un fichier contenant les relevés avant 1950

Il s'agit de fichiers csv compressés.

Ces relevés constituent une base de données très volumineuse qu'il convient de mettre en forme pour pouvoir l'utiliser : sélection des informations utiles, conversion vers un format plus adapté aux calculs intensifs comme parquet, DuckDB ou PostgreSQL. De plus, ces fichiers présentent des données manquantes. Suivant les cas, il faudra soit imputer des valeurs de remplacement ou écarter les stations qui ont trop de données manquantes une année donnée.

Calcul de DJU ponctuel

Il s'agit ici calculer les DJU d'un lieu à partir de ses coordonnées et éventuellement de son altitude. En plus des coordonnées, il faut aussi indiquer :

- les seuils de chauffe et/ou de climatisation,
- la période de calcul (dates de début et de fin)
- le pas temporel : veut-on des DJU quotidiens ou des cumuls hebdomadaires, mensuels, annuels...
- nombre de station utilisées pour estimer les températures

Estimation des températures

La première étape consiste à estimer les températures du lieu à partir des relevés des stations météo. Pour cela, la méthode standard est d'utiliser une interpolisation par pondération inverse des distances.

Les coordonnées étant données sous forme de couple longitude, latitude, le calcul des distances doit se faire avec la formule d'Haversine. Une autre méthode pourrait être de projeter ces coordonnées dans des coordonnées Lambert93 (pour la France métropolitaine) et d'utiliser la distance euclidienne.

Enfin, si l'altitude du lieu est fournie, il convient de corriger les températures en fonction de l'altitude. Une méthode standard est de réduire la température de 0,65°C tous les 100 m.

Calcul des DJU

Il ne reste plus qu'à calculer les DJU unitaires sur la période donnée et de les sommer suivant le pas temporel.

Calcul de DJU sur une zone géographique

Il s'agit de calculer les DJU sur des zones géographiques définies par un ensemble de communes. Par exemple calculer les DJU de chaque région de métropole, ou de chaque département d'une région. Pour cela il faut avoir les paramètres suivants :

- les seuils de chauffe et/ou de climatisation,
- la période de calcul (dates de début et de fin)
- le pas temporel : veut-on des DJU quotidiens ou des cumuls hebdomadaires, mensuels, annuels...
- La zone géographique totale, ex : la France métropolitaine, un ensemble de régions, ...
- Le niveau d'agrégation des DJU, ex les Régions, les départements, ...
- nombre de station utilisées pour estimer les températures de chaque commune
- indicateur de prise en compte de l'altitude des communes

Pour ce faire, il faut calculer les DJU de chaque commune en utilisant la méthode du DJU ponctuel puis de les agréger au niveau demandé par moyenne pondérée par la population.

Pour pouvoir effectuer ces calculs il faut donc disposer des informations suivantes :

- coordonnée des communes
- l'altitude des communes
- la population des communes

Ces données sont aussi disponibles sur le site data.gouv aux adresses suivantes :

- <https://geo.api.gouv.fr/decoupage-administratif>
- <https://www.data.gouv.fr/dataservices/api-geoplateforme-calcul-altimetrique>

Noter qu'une grosse partie des calculs sera identique d'une requête à l'autre. Il conviendra donc de conserver les résultats intermédiaires pour pouvoir les réutiliser.

Calcul des coefficients de rigueur du climat et consommations corrigées des variations climatiques

La correction des variations climatiques a pour but de gommer les variations de consommations dues aux variations des températures. Elle repose sur une décomposition de la consommation observée en une partie dite non thermosensible qui reste inchangée et une partie qui dépend des températures qui est dite thermosensible qui va être corrigée. Comme dit en introduction, on considère que la consommation thermosensible est proportionnelle au nombre de DJU observés pour la période de consommation. Le coefficient de proportionnalité est appelé thermosensibilité.

La correction consiste à remplacer la consommation thermosensible par une estimation de la consommation si les températures avaient été « normales ». La température normale est représentée par un DJU de référence qui est l'agrégation des DJU dans le voisinage de la zone observée sur plusieurs années. Par exemple, le Sdes prend pour valeur de référence l'agrégation des DJU nationaux annuels sur la période 1991-2020.

Dans ces conditions, la correction de la partie thermosensible consiste à la multiplier par le rapport du DJU de référence par le DJU observé. Ce rapport est appelé coefficient de rigueur.

Pour corriger la consommation observée, il faut aussi disposer de la part thermosensible de cette consommation afin de pouvoir séparer les parties thermosensible et non thermosensible.